

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

5590/02/79 4

REC'D	24 MAY 2000
WIPO	PCT

Bescheinigung**09/937579**

Die Deutsche Telekom AG in Bonn/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Dispersionskompensation gemeinsam übertragener optischer Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen"

am 26. März 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol H 04 B 10/18 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 30. März 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Aktenzeichen: 199 15 139.3

Verfahren zur Dispersionskompensation gemeinsam übertragener optischer Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen

Beschreibung:

5 Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Dispersionskompensation gemeinsam übertragener optischer Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen in optischen Nachrichtennetzen.

In den bisher aufgebauten optischen Nachrichtennetzen wurden fast ausschließlich Standard-Einmodenfasern mit einer Dämpfung von etwa 0,4dB/km und einem

10 Dispersionsminimum bei 1310 nm installiert.

In zunehmenden Maße wird der Wellenlängenbereich um 1550 nm für die optische Nachrichtenübertragung genutzt. Gründe dafür sind die geringere Dämpfung von ca. 0,2dB/km, der zunehmende Einsatz von Wellenlängenmultiplex-Übertragung und die Verfügbarkeit eines praktisch ausgereiften Faserlichtverstärkers, des EDFA (Erbium

15 Doped Fiber Amplifier), mit dem in einem breiten Bereich um 1550 nm viele Kanäle gleichzeitig verstärkt werden können.

Ein Mangel der o. g. Lösung besteht darin, daß die Übertragungsbandbreite und die Verstärkerabstände durch die hohe Dispersion von Standard-Einmodenfasern, bei 1550 nm von etwa 17 ps/nm x km, begrenzt wird. Für längere Übertragungsstrecken und

20 Bandbreiten im Gb/s-Bereich ist deshalb der Einbau dispersionskompensierender Elemente erforderlich.

Bekannt ist die Verwendung von dispersionskompensierenden Fasern (DCF/Dispersion Compensating Fibers), die eine hohe negative Dispersion aufweisen. Als typischer Wert für die Dispersion einer DCF werden -100ps/nm x km angegeben.

25 Um die Dispersion einer 100 km langen Standard-Einmodenfaser zu kompensieren, werden demnach 17 km DCF benötigt. Die Kompensationsfasern werden auf Spulen gewickelt, deren Durchmesser zur Vermeidung von Krümmungsverlusten mindestens 10 cm betragen muß. Die Dispersionskompensation mit einer dispersionskompensierenden Faser DCF weist mehrere Nachteile auf:

30 - Es wird eine große Länge einer relativ teueren Spezialfaser benötigt.

- Die Faserspule besitzt große Abmessungen. Das kann in Verstärkerstellen oder Kabelschächten, besonders bei vieladrigten optischen Kabeln, zu Problemen führen.
- Es wird eine Zusatzdämpfung eingefügt. Dispersionskompensierende Fasern haben wegen ihrer speziellen Kernstruktur eine Dämpfung von ca. 0,5dB/km, d.h. bei 17 km Faserlänge ergibt sich eine Dämpfung von etwa 9dB.

Die oben beschriebenen Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten von dispersionskompensierenden Fasern DCF sowie Wellenlängenmultiplex-Übertragung und Faserlichtverstärker sind ausführlich in „Optische Telekommunikationssysteme“ von H. Hultzsch, Damm Verlag Gelsenkirchen (1996) S. 123 und S. 296 -298 beschrieben.

Ein weiteres Verfahren zur Dispersionskompensation (siehe ebenfalls in „Optische Telekommunikationssysteme“ von H. Hultzsch, Damm Verlag Gelsenkirchen (1996)

Seite 152 - 153) beruht auf dem Einsatz von Fasergittern. Für eine Dispersionskompensation über breite Wellenlängenbereiche - z.B. den EDFA - Bereich von 1530 nm - 1570 nm - werden allerdings Fasergitter mit Längen von etwa 1 Meter benötigt. Die Herstellung sehr langer Fasergitter mit den erforderlichen Toleranzen im Hinblick auf die Gitterkonstanten und der notwendigen Langzeitstabilität ist kostspielig und befindet sich noch im Entwicklungsstadium.

Die technische Aufgabe der Erfindung ist auf eine wirtschaftliche Lösung mit geringem Raumbedarf zur Dispersionskompensation gemeinsam übertragener optischer Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen λ ausgerichtet.

Die erfindungsgemäße Lösung basiert auf dem Einsatz von photonischen Kristallen.

Photonische Kristalle sind periodische Anordnungen von dielektrischen Materialien mit hoher und niedriger Dielektrizitätskonstante, angeordnet im Wechsel als ein-, zwei- oder dreidimensionale Gitter mit Perioden von $\lambda/3$ und Stab- bzw. Kubusdurchmessern von $\lambda/6$. Siehe J. D. Joannopoulos et al.: Photonic crystals: molding the flow of light, ISBN 0-691-03744-2 (1995).

Erfindungsgemäß werden gemeinsam mit verschiedenen Wellenlängen übertragene optische Signale, die nach dem Durchlaufen eines Leitungsabschnitts dispersionsbedingte Laufzeitunterschiede aufweisen, über einen faseroptischen Eingang E in eine als Netzwerk ausgebildete Anordnung eingekoppelt, welche aus nacheinander auf einem 5 Lichtwellenleiter 2 angeordneten photonischen Kristallen K1 bis Kn besteht. Die photonischen Kristalle K1 bis Kn sind damit optisch miteinander verbunden. Die photonischen Kristalle K1 bis Kn sind so ausgebildet, daß sie Signale einer bestimmten Wellenlänge reflektieren bzw. umleiten und Signale mit anderen Wellenlängen ungeschwächt durchlassen. Beispielsweise ist der erste photonische Kristall K1 so 10 ausgebildet, daß er ausschließlich die Signale einer ersten Wellenlänge reflektiert. Optische Signale anderer Wellenlängen werden durch den photonischen Kristall K1 ungeschwächt durchgelassen und in den nachgeordneten photonischen Kristall K2 eingekoppelt. Der nachgeordnete zweite photonische Kristall K2 reflektiert von den durch den ersten photonischen Kristall K1 durchgelassenen Signalen wiederum nur die 15 Signale einer zweiten Wellenlänge und läßt ebenfalls die Signale mit anderen Wellenlängen passieren. Entsprechend diesem Prinzip wird das Signal solange von einem photonischen Kristall zu einem weiteren photonischen Kristall weitergeleitet bis die Signale aller Wellenlängen von den ihnen zugeordneten photonischen Kristallen K1 bis Kn reflektiert worden sind.

20 Da der Wert der positiven Dispersion der in den faseroptischen Eingang eingekoppelten Signale für die einzelnen Wellenlängen bekannt ist, werden in der aus nacheinander angeordneten photonischen Kristallen K1 bis Kn bestehenden Anordnung für die einzelnen Wellenlängen entsprechende, mit negativer Dispersion behaftete Wegstrecken definiert, die so bemessen sind, daß die Dispersionsunterschiede der Signale der 25 einzelnen Wellenlängen zielgerichtet verändert bzw. vollständig aufgehoben werden. Bevor das Signal einer definierten Wellenlänge in einem der nacheinander angeordneten photonischen Kristalle K1-Kn reflektiert wird, hat es bereits eine Wegstrecke bis zum die definierte Wellenlänge reflektierenden Element im photonischen Kristall zurückgelegt, die mit einer entsprechenden negativen Dispersion beaufschlagt ist. Diese 30 Wegstrecke ist durch den Abstand zwischen dem faseroptischen Eingang E und dem Reflexionsspiegel im betreffenden photonischen Kristall K1 bis Kn definiert.

Die von den photonischen Kristallen reflektierten dispersionskompensierten Signale unterschiedlicher Wellenlängen werden zur weiteren Übertragung mittels einer geeigneten Baugruppe, wie beispielsweise einem optischen Zirkulator 1, wieder in einen gemeinsamen faseroptischen Ausgang A eingekoppelt.

5

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand von 5 Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Ausgehend davon, daß optische Signale, die mit verschiedenen Wellenlängen λ_i , z.B. 3 Wellenlängen $\lambda_i, \lambda_{i+1}, \lambda_{i+2}$, übertragen werden, nach dem Durchlaufen eines Leitungsabschnitts dispersionsbedingte Laufzeitunterschiede aufweisen, sind die Ausführungsformen insbesondere darauf ausgerichtet, diese Laufzeitunterschiede wieder auszugleichen. Optional beinhalten diese Lösungen jedoch auch immer die Möglichkeit, für die Signale der einzelnen Wellenlängen, beispielsweise für die Wellenlängen $\lambda_i, \lambda_{i+1}, \lambda_{i+2}$, eine Vorverzerrung mit definierten Laufzeitdifferenzen einzustellen.

15

In Fig. 1 ist eine Anordnung zur Dispersionskompensation dargestellt, bei der die mit Laufzeitdifferenzen behafteten optischen Signale über einen gemeinsamen faseroptischen Eingang E in einen optischen Zirkulator 1 eingekoppelt werden. Vom optischen Zirkulator 1 werden die mit Laufzeitdifferenzen behafteten optischen Signale in eine Baugruppe eingekoppelt, die aus nacheinander auf einem Wellenleiter 2 als selektive Reflexionsfilter angeordneten photonischen Kristallen KS1 bis KSn besteht.

20

Dabei ist jeder der photonischen Kristalle KS1 bis KSn so eingestellt, daß er von den über den optischen Zirkulator 1 eingekoppelten Signalen nur die Signale einer bestimmten Wellenlänge reflektiert, die Signale der anderen Wellenlängen aber durchläßt. Welcher photonische Kristall KS1 bis KSn für welche Wellenlänge als Reflexionsfilter ausgebildet ist, ist abhängig von der konkreten Laufzeitdifferenz der Signale der jeweiligen Wellenlänge. Je größer die Laufzeitdifferenz ist, desto größer muß auch der optische Weg sein, den das Signal bis zur vollständigen Dispersionskompensation zurücklegen muß. Dieser Weg läßt sich exakt bemessen. In einem Ausführungsbeispiel

mit beispielsweise drei unterschiedlichen Wellenlängen würde das bedeuten, daß der photonische Kristall KS1 nur die Signale der Wellenlänge λ_i zum optischen Zirkulator 1 reflektiert. Das Licht der Wellenlängen $\lambda_{i+1}, \lambda_{i+2}$ wird durch den photonischen Kristall KS1 ungeschwächt zum photonischen Kristall KS2 durchgelassen. Der photonische

5 Kristall KS2 ist so eingestellt, daß er nur die Signale der Wellenlänge λ_{i+1} reflektiert. Die Signale der Wellenlänge λ_{i+2} werden ungeschwächt zum photonischen Kristall KS3 durchgelassen. Der photonische Kristall KS3 ist so eingestellt, daß er nur die Signale der Wellenlänge λ_{i+2} reflektiert. Damit sind alle über den optischen Zirkulator 1 eingekoppelten Signale wieder zum optischen Zirkulator 1 reflektiert worden. Vom optischen Zirkulator 1 werden die nunmehr dispersionskompensierten Signale der drei Wellenlängen λ_i, λ_{i+1} und λ_{i+2} wieder in den gemeinsamen faseroptischen Ausgang A eingekoppelt und über entsprechende nachgeordnete Einrichtungen weiter übertragen.

Figur 2 zeigt die Transmission in Abhängigkeit von der Wellenlänge für die drei als selektive Reflexionsfilter ausgebildeten photonischen Kristalle KS1-KS3.

Die in Figur 3 abgebildete Ausführungsform unterscheidet sich von der Lösung nach Fig. 1 dadurch, daß in die Wellenleiter 2 zwischen den als selektive Reflexionsfilter ausgebildeten photonischen Kristallen KS1-KSn zusätzlich einstellbare

20 Dispersionsschieber NL01-NL0n eingefügt sind. Durch die einstellbaren Dispersionsschieber NL01-NL0n wird zusätzlich zu den mit negativer Dispersion behafteten festen Wegstrecken eine weiterer Dispersionsausgleich möglich. Die Dispersionsschieber NL01-NL0n werden dabei vorzugsweise so eingestellt, daß die Summe von fester und einstellbarer Dispersionsverschiebung die Dispersionsunterschiede 25 zwischen den einzelnen Wellenlängen ausgleicht.

Die in Figur 4 abgebildete dispersionskompensierende Anordnung ist auf eine Ausführungsform ausgerichtet, die ohne optischen Zirkulator 1 arbeitet. Die photonischen Kristalle KD1 bis KDn sind bei diesem Beispiel auf die Umlenkung von 30 Signalen einer bestimmten Wellenlänge eingestellt. Konkret sind die nacheinander auf dem Wellenleiter 2 angeordneten photonischen Kristalle KD1 bis KDn als Drop-Filter

ausgebildet, welche optische Signale einer gewünschten Wellenlänge aus dem Wellenleiter 2 seitlich herauslenken und optische Signale anderer Wellenlängen zum nachgeordneten photonischen Kristall passieren lassen. Die seitlich entsprechend ihrer Wellenlänge von den als Drop-Filter ausgebildeten photonischen Kristallen KD1 bis KDn herausgefilterten Signale werden über Wellenleiterabschnitte zu den als Addierer ausgebildeten photonischen Kristallen KA1 bis KAn optisch übertragen und gemeinsam über den faseroptischen Ausgang A wieder zur weiteren Übertragung eingekoppelt.

Durch die beschriebene Anordnung wird der im ersten Ausführungsbeispiel noch benötigte optische Zirkulator 1 eingespart. Am Ausgang des als Addierer ausgebildeten 10 photonischen Kristalles KA1 liegen die Signale der verschiedenen Wellenlängen ohne Laufzeitdifferenzen wieder vor. Die in Figur 4 abgebildete Anordnung zur Dispersionskompensation mit den als Drop-Filter ausgebildeten photonischen Kristallen KD1 bis KDn und den als Addierer ausgebildeten photonischen Kristallen KA1 bis KAn ist zur Dispersionskompensation der Signale der unterschiedlichen Wellenlängen,

15 entsprechend der zu erwartenden Dispersion in geeigneten geometrischen Abständen 3, aufgebaut. Die Anordnung ist dabei mit unterschiedlicher Transmission (Wellenlänge 1 bis Wellenlänge n) aufgebaut, die durch die Bauweise und die Periodenabstände der Wellenleiter 2 ausgewählt wird. Die Wellenleiter 2 sind unterbrochen durch Bereiche, in welchen die Signale entsprechend ihrer Wellenlänge λ_i , bedingt durch die Geometrie des 20 Drei-Terminal-Bereichs, aus den photonischen Kristallen KD1–KDn ausgekoppelt und in die entsprechenden als Addierer ausgebildeten photonischen Kristalle KA1-KAn wieder eingekoppelt und addiert werden. Alle Signale werden dann wieder in den faseroptischen Ausgang A eingekoppelt. Damit wird erreicht, daß die durch Dispersion verursachte Laufzeitverschiebung für alle Signale ausgeglichen wird. Für die 25 verschiedenen Strecken des Netzes müssen, wie bei allen Techniken zur Dispersionskompensation, speziell angepasste Bauteile hergestellt und eingebaut werden. Eine gewisse Standardisierung kann beispielsweise auch durch genormte Abstände zwischen den Stationen erreicht werden, in denen die Dispersionkompensation vorgenommen wird.

In Figur 5 ist eine Anordnung dargestellt, die im wesentlichen der Anordnung nach Figur 4 entspricht. Diese Anordnung besteht ebenfalls aus dem faseroptischen Eingang E, den auf dem Wellenleiter 2 angeordneten als Drop-Filter ausgebildeten photonischen Kristallen KD1bis KDn, den als Addierer ausgebildeten photonischen Kristallen KA1-5 KAn und dem gemeinsamen faseroptischen Ausgang A.

Zusätzlich sind auf den optischen Wegen zwischen den umlenkenden Ausgängen der als Drop-Filter ausgebildeten photonischen Bauelemente KD1 bis KDn und den Eingängen der als Addierer ausgebildeten photonischen Bauelemente KA1 bis KAn

10 Dispersionsschieber NLO1 bis NLOn angeordnet, deren dispersionsverschiebende Wirkung sich für jede Wellenlänge individuell einstellen lässt, bevor das Signal über die als Addierer ausgebildeten photonischen Kristalle KA1 bis KAn in den gemeinsamen faseroptischen Ausgang A zurückgeführt wird. Die gewünschte Dispersion wird durch das Anlegen von unterschiedlichen Spannungen an den Dispersionsschiebern NLO1-NLOn oder durch die Einwirkung über andere physikalische Parameter, wie

15 beispielsweise Temperatur, Magnetfeld usw., eingestellt. Die Dispersionsschieber NLO1-NLOn können dabei mit einer oder mehreren Spannungen beaufschlagt sein und aus mehreren nichtlinear optischen Materialien bestehen. Vorzugsweise werden die Dispersionsschieber NLO1 bis NLOn über planare Wellenleiter 4 oder auch über

photonische Kristall-Wellenleiter jeweils mit den ihnen als Addierer zugeordneten

20 photonischen Kristallen KA1 bis KAn verbunden. Durch die Wahl geeigneter Materialien und die Bemessung der Spannung für die einzelnen Wellenlängen ist es möglich, die gewünschte zusätzliche Dispersion grob oder auch fein abzustimmen. Derartige

nichtlinear optische Elemente NLO ermöglichen es, daß die Anordnung nach Figur 5 in gewissen Grenzen an die jeweiligen Einsatzbedingungen angepaßt werden kann. Damit

25 ist eine Anordnung nach Figur 5 universell einsetzbar.

Nichtlineare optische Dispersionsschieber NL01-NL0n können beispielsweise aus photonischen Kristallstrukturen bestehen, die mit Flüssigkristallen gefüllt sind. Denkbar ist auch die Verwendung von mit nichtlinear optischen Polymeren gefüllten photonischen Kristallstab- oder Lochstrukturen, die in einem elektrischen Feld aufgebaut werden, 30 welches entsprechend der erforderlichen nichtlinear-optischen Dispersionsverschiebung

eingestellt wird. Die konkrete nichtlinear-optische Dispersionsverschiebung wird dabei in Abhängigkeit von der Kompensationsweglänge für die einzelnen Wellenlängen ermittelt.

Werden die Dispersionsschieber NLO1 bis NLOn zwischen den als Drop-Elemente

5 ausgebildeten photonischen Kristallen KD1-KDn und den als Addierer wirkenden photonischen Kristallen KA1 bis KAn optisch eingefügt, so erfolgt die Abstimmung für jede Wellenlänge separat. Diese Anordnung erlaubt daher eine individuelle Abstimmung der erforderlichen Dispersionsverschiebung für jede einzelne Wellenlänge.

10 Alternativ dazu können in einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform, entsprechend Figur 6, beispielsweise die Dispersionsschieber NLO1 bis NLOn im optischen Weg (Wellenleiter 2) zwischen den einzelnen als Drop-Filtern ausgebildeten photonischen Kristallen KD1-KDn angeordnet werden. In diesem Fall wirken die Dispersionsschieber NLO1-NLOn auf verschiedene Wellenlängen gleichzeitig. Die Wirkung der

15 Dispersionsschieber NLO1 bis NLOn addiert sich dabei für die unterschiedlichen Wellenlängen von Dispersionsschieber zu Dispersionsschieber. Die Rückführung der Signale erfolgt wieder über die Wellenleiter zwischen den als Drop-Filter ausgebildeten photonischen Kristallen KD1-KDn und den als Addierer ausgebildeten photonischen Kristallen KA1-KAn, die die Signale addieren und wieder in den faseroptischen Ausgang

20 A zurückführen.

Durch die erfindungsgemäße Lösung können photonische Kristall-Add-Drop-Filter hoher Güte aufgebaut werden, die ungefähr 1000 mal kürzer als herkömmliche Beugungsgitter sind, welche als Chirped Gratings aufgebaut sind und eine Länge von ca. 100 cm aufweisen. Mittels der erfindungsgemäßen Lösung ist der Aufbau einer Anordnung zur

25 Dispersionskompensierung möglich, die auf einem einzigen, wenige cm großen Chip untergebracht ist. Dieses Chipbauelement hat den Vorteil einer höheren Temperaturstabilität, so daß es auch für größere Temperaturbereiche eingesetzt werden kann. Zum anderen entfällt bei den Ausführungsformen nach den Figuren 4, 5 und 6 der kostenintensive Zirkulator 2. Abgesehen von der besseren Handhabung ist die erfindungsgemäße Lösung auch wesentlich preiswerter als eine Lösung, die auf den bekannten, herkömmlichen Strukturen beruht. Durch die elektrisch einstellbaren

Dispersionsschieber NLO1 bis NLOn kann die Lösung auch bei verschiedenen Streckenlängen individuell an die jeweiligen Erfordernisse angepaßt werden.

Die praktische Ausführung der erfindungsgemäßen Anordnung zur Dispersionskompensation läßt sich in Festkörperwellenleitertechnik mittels

- 5 3-dimensionaler additiver Lithografie oder durch elektrolytisches, lichtunterstütztes Ätzen von Silizium mit geeigneter Strukturierung der Lochmaske realisieren.

(8) Patentansprüche:

1. Verfahren zur Dispersionskompensation gemeinsam übertragener optischer Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß die übertragenen optischen Signale gemeinsam in eine Anordnung eingekoppelt werden, die aus nacheinander auf mindestens einem Wellenleiter (2) angeordneten, optisch miteinander verbundenen photonischen Kristallen (K1-Kn) besteht, daß in jedem photonischen Kristall jeweils nur die Signale einer Wellenlänge reflektiert bzw. umgeleitet und die Signale der anderen Wellenlängen ungeschwächt zum nachgeordneten photonischen Kristall durchgelassen werden, wobei für die Signale jeder Wellenlänge gilt, daß die Wegstrecke von der Stelle der Einkopplung bis zur Stelle im jeweiligen photonischen Kristall (K1-Kn), an der sie reflektiert bzw. umgeleitet werden, mit einer negativen Dispersion beaufschlagt ist, welche die positive Dispersion der eingekoppelten Signale verändert bzw. ganz aufhebt, und daß anschließend die resultierenden Signale aller Wellenlängen gemeinsam weiter übertragen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch in den Wellenleiter (2) **eingefügte** Dispersionsschieber (NLO1-NLOn) Dispersionsunterschiede in den durch die Dispersionsschieber (NLO1-NLOn) vorgegebenen Grenzen ausgeglichen werden können.
3. Anordnung zur Dispersionskompensation gemeinsam übertragener optischer Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß sie aus den photonischen Kristallen (K1-Kn) besteht, wobei jeder Wellenlänge in Abhängigkeit von ihrer Dispersion ein photonischer Kristall (K1-Kn) fest zugeordnet ist, daß die photonischen Kristalle (K1-Kn) auf mindestens einem gemeinsamen Lichtwellenleiter (2) angeordnet sind, daß jeder photonische Kristall (K1-Kn) so eingestellt ist, daß er die Signale einer Wellenlänge reflektiert bzw. umlenkt und die Signale anderer Wellenlängen ungeschwächt durchläßt, wobei die Stelle im photonischen Kristall (K1-Kn), an der die Signale der jeweiligen

Wellenlänge reflektiert bzw. umgelenkt werden, so gewählt wird, daß für die Signale aufgrund des vom Eingang (E) bis zu dieser Stelle zurückgelegten Weges eine Dispersionskompensation erfolgt, und daß die photonischen Kristalle optisch mit mindestens einer Baugruppe verbunden sind, welche die reflektierten bzw. 5 umgelenkten Signale aller Wellenlängen wieder für die weitere Übertragung bereitstellt.

10

4. Anordnung zur Dispersionskompensation nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß sie bei einem optischen Signal mit mindestens zwei unterschiedlichen Wellenlängen (λ_i und (λ_{i+1}) aus mindestens zwei nacheinander auf einem Wellenleiter (2) angeordneten, als selektive Reflexionsfilter ausgebildeten photonischen Kristallen (KS1 bis KS2) besteht, welche über einen optischen Zirkulator (1) mit dem faseroptischen Eingang (E) und dem faseroptischen Ausgang (A) verbunden sind, und daß der erste photonische Kristall (KS1) als 15 Reflexionsfilter für die erste Wellenlänge (λ_i) und der zweite photonische Kristall (KS2) als Reflexionsfilter für die zweite Wellenlänge (λ_{i+1}) ausgebildet ist.

20

5. Anordnung nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur gleichzeitigen Grob- bzw. Feinabstimmung der negativen Dispersion für verschiedene Wellenlängen zwischen den als selektive Reflexionsgitter ausgebildeten photonischen Kristallen (KS1-KSn) regelbare Dispersionsschieber NLO1 bis NLOn aus nichtlinearen optischen Materialien optisch eingekoppelt sind.

25

6. Anordnung zur Dispersionskompensation nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem optischen Signal mit mindestens zwei unterschiedlichen Wellenlängen (λ_i) und (λ_{i+1}) der Wellenleiter (2) aus zwei gegenüberliegenden Teilabschnitten besteht, wobei der erste Teilabschnitt dem faseroptischen Eingang (E) und der zweite Teilabschnitt dem faseroptischen Ausgang (A) zugeordnet ist, und daß auf dem ersten Faserabschnitt (2) 30 nacheinander mindestens zwei als Drop-Elemente ausgebildete photonische Kristalle (KD1 und KD2) mit Ausgängen zur seitlichen Abweisung von Signalen einer

Wellenlänge angeordnet sind, und daß auf dem zweiten Faserabschnitt nacheinander mindestens zwei als Addierer ausgebildete photonische Bauelemente (KA1;KA2) angeordnet sind, wobei jeder der als Drop-Element ausgebildeten photonischen Kristalle (KD1;KD2) über seinen Ausgang zur seitlichen Abweisung optisch mit dem ihm gegenüberliegenden Eingang des als Addierer ausgebildeten photonischen Kristalls (KA1;KA2) verbunden ist.

5

10

7. Anordnung nach Anspruch 3 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Grob- bzw Feinabstimmung der negativen Dispersion jeder einzelnen Wellenlänge in die optischen Verbindungen zwischen den seitlich angeordneten Ausgängen der als Drop-Elemente ausgebildeten photonischen Kristalle (KD1-KDn) und den als Addierer ausgebildeten photonischen Kristallen (KA1-KAn) regelbare Dispersionsschieber NLO1 bis NLOn aus nichtlinearen optischen Materialien optisch eingekoppelt sind.

15

8. Anordnung nach Anspruch 3 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur gleichzeitigen Grob- bzw. Feinabstimmung der negativen Dispersion für verschiedene Wellenlängen in den ersten Wellenleiterabschnitt (2) vor den als Drop-Filter ausgebildeten photonischen Kristallen (K3 bis K4) regelbare Dispersionsschieber (NLO1-NLO3) aus nichtlinear optischem Material optisch eingekoppelt sind.

20

Bezugszeichenaufstellung

	E	Faseroptischer Eingang
5	A	Faseroptischer Ausgang
	1	Optischer Zirkulator
	2	Wellenleiter
	3	geometrische Abstände der photonischen Kristalle
	4	planare Wellenleiter
10	K1-Kn	photonische Kristalle
	KS1-KSn	als selektive Reflexionsfilter ausgebildete photonische Kristalle
	KD1-KDn	als Drop-Elemente ausgebildete photonische Kristalle
	KA1-KAn	als Addierer ausgebildete photonische Kristalle
	NLO1-NLC4	Dispersionsschieber
15	λ	Wellenlänge

20

25

30

1.1. Verfahren zur Dispersionskompensation gemeinsam übertragener optischer Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen

2. Zusammenfassung

5

2.1. Die Erfindung ist auf eine kostengünstige Lösung zur Dispersionskompensation optischer Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen ausgerichtet.

10
15
2.2. Erfindungsgemäß werden photonische Kristalle (K_1-K_n) auf einem gemeinsamen Lichtwellenleiter (2) angeordnet. Jeder photonische Kristall (K_1-K_n) ist dabei so eingestellt ist, daß er die Signale einer Wellenlänge reflektiert bzw. umlenkt und die Signale anderer Wellenlängen ungeschwächt durchläßt. Die konkrete Anordnung der photonischen Kristalle (K_1-K_n) auf dem Wellenleiter (2) und die konkrete Anordnung der umlenkenden Elemente im photonischen Kristall wird dabei in Abhängigkeit von der auszugleichenden Dispersion zwischen den einzelnen Wellenlängen festgelegt.

20
2.3. Durch die erfundungsgemäße Lösung können fest eingestellte bzw. regelbare photonische Dispersionskompensatoren hoher Güte aufgebaut werden, die ungefähr 1000 mal kürzer als herkömmliche Beugungsgitter sind.

3.0. Fig. 1

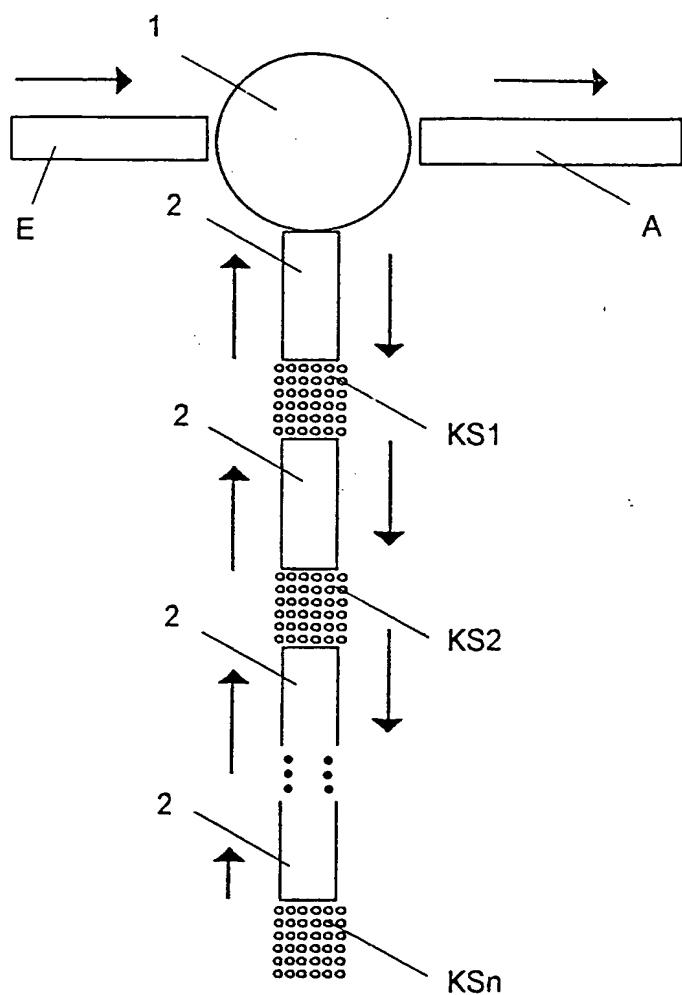


Fig. 1

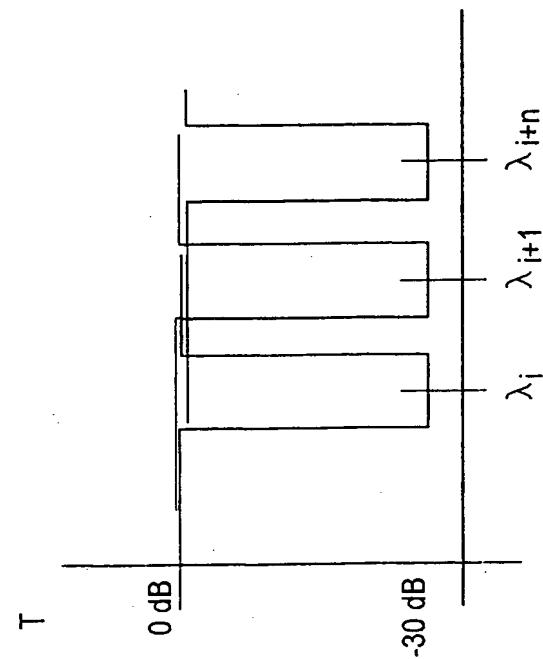


Fig. 2

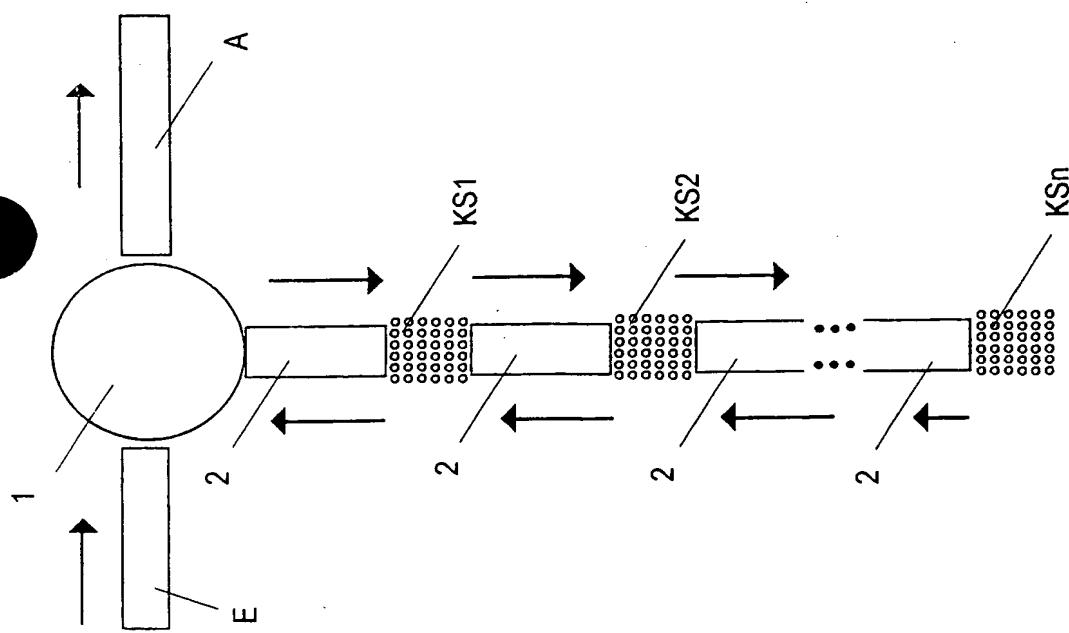


Fig. 1

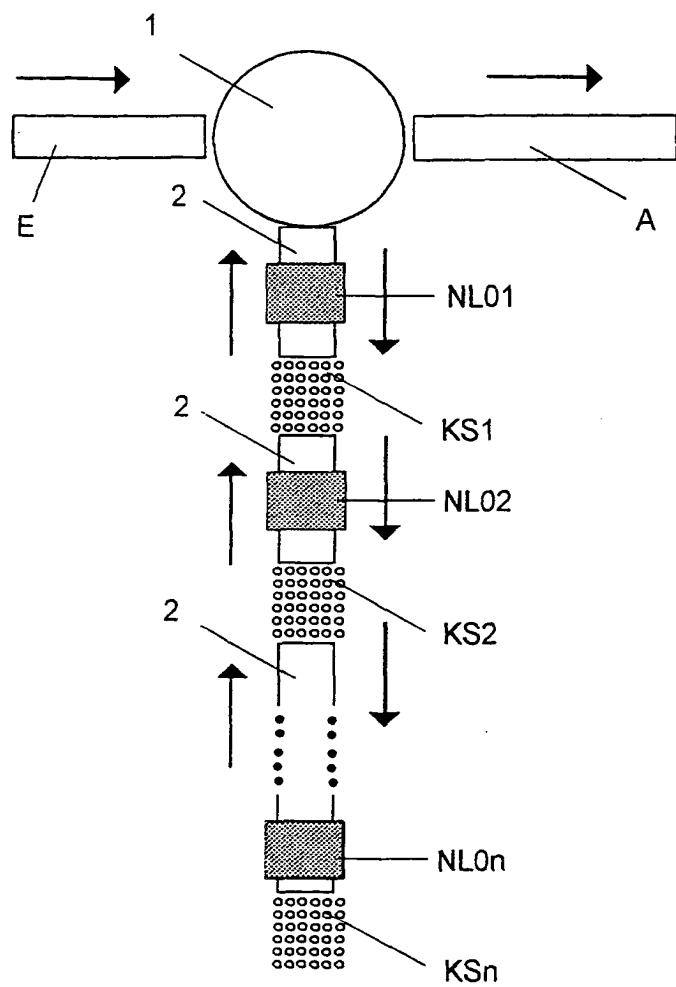


Fig. 3

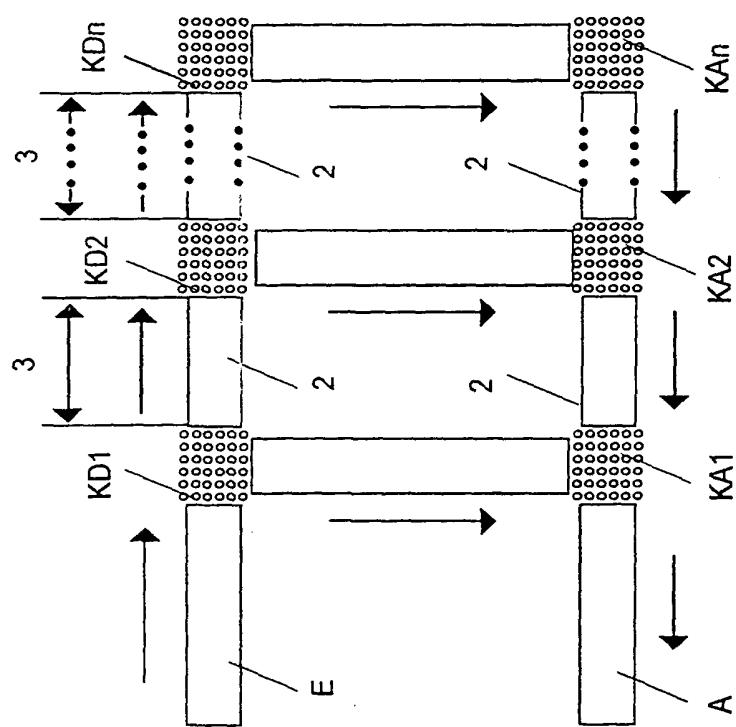


Fig. 4

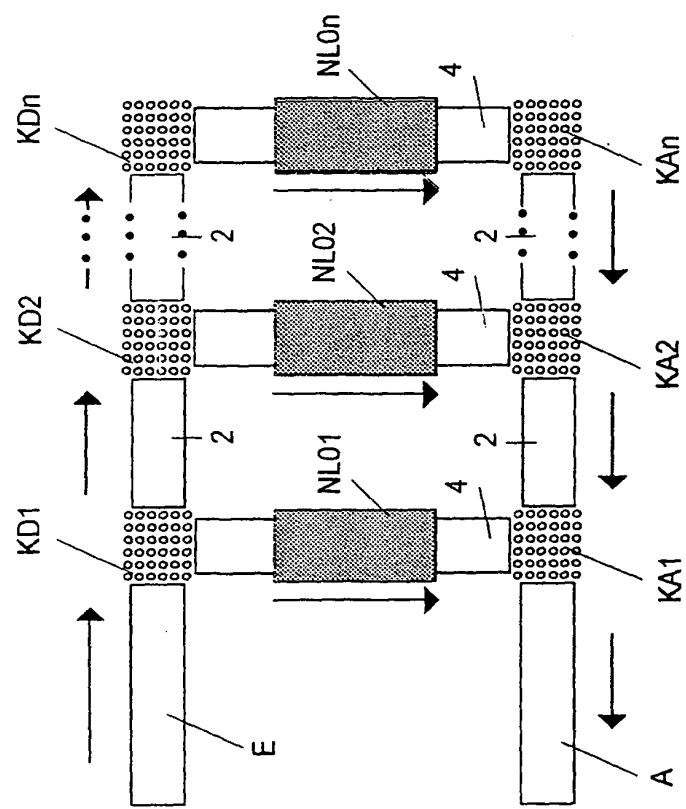


Fig. 5

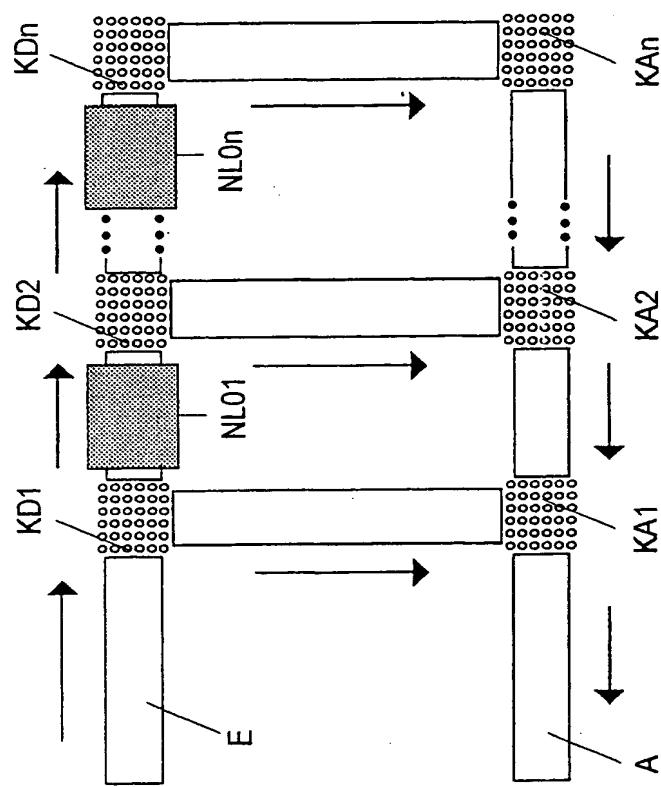


Fig.6

